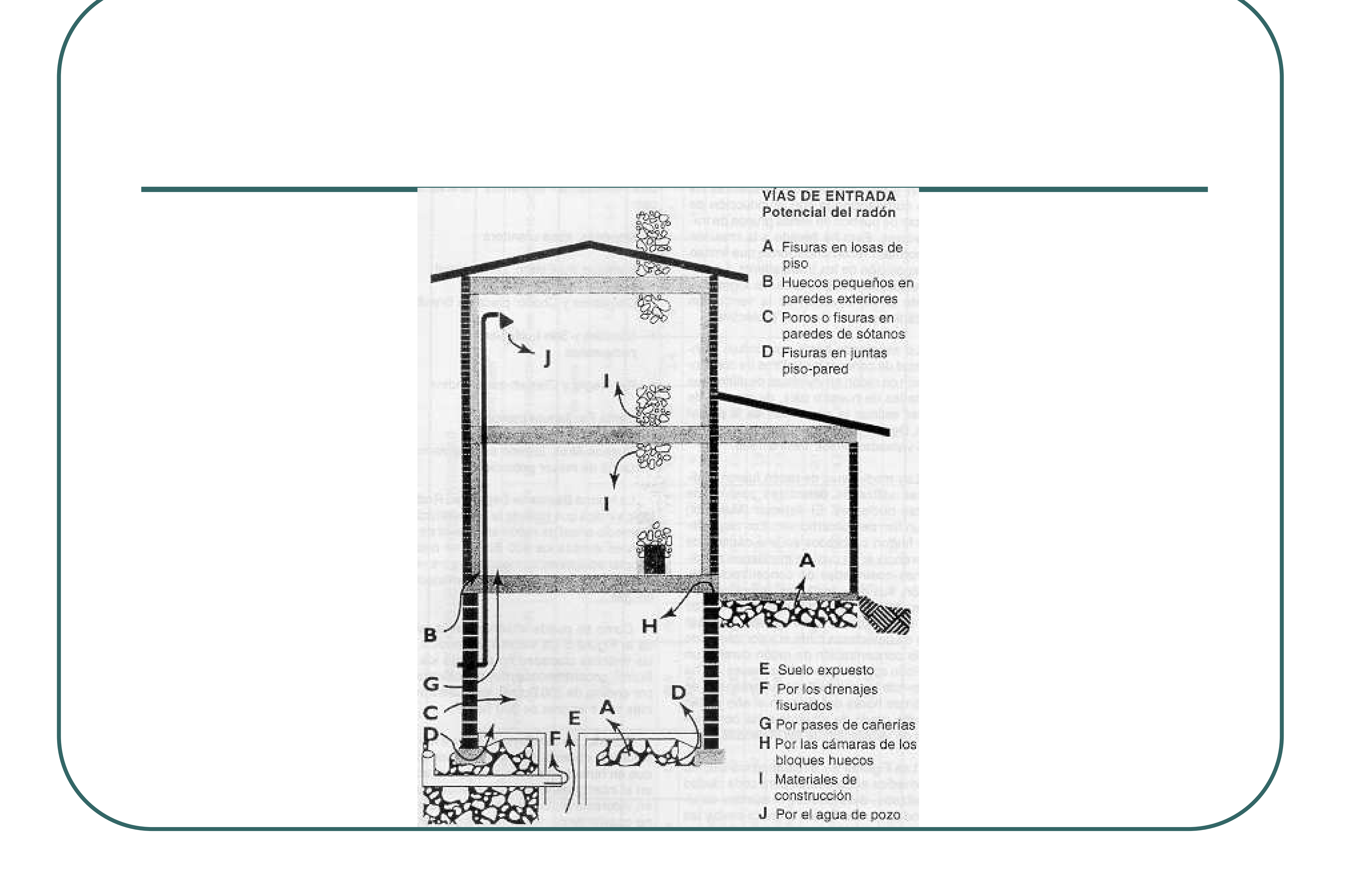
Análisis de Riesgo Ambiental

Estudio de Caso Radón

Laura Pruzzo- Daniela Picardi

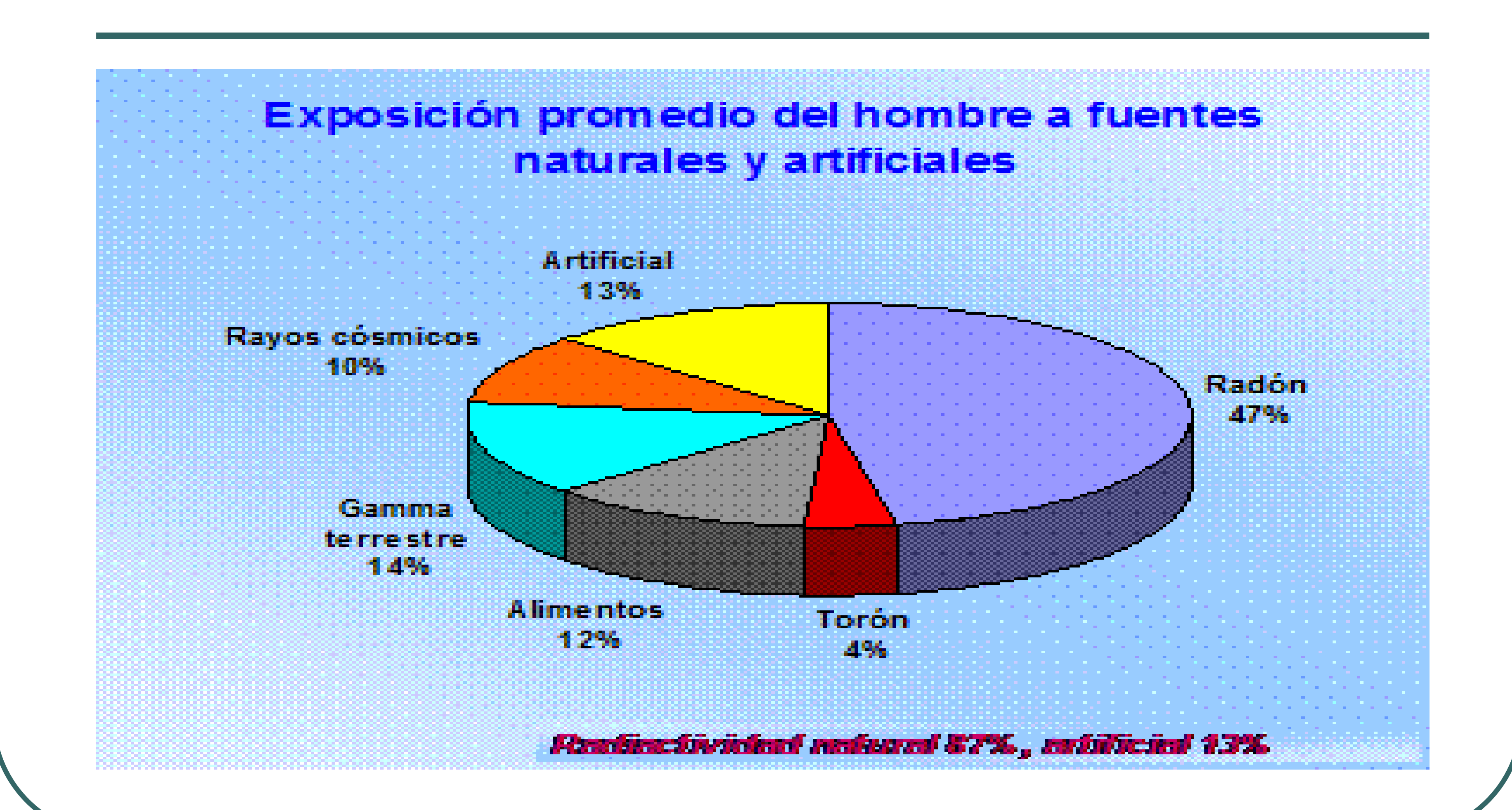
Identificación del peligro

- Rn222 se encuentra en todos los materiales terrestres
- Se dispersa en la atmósfera
- La concentración aumenta en edificios con escasa ventilación
- Decae en *descendientes* o *progenie* de radón de período corto


VÍAS DE ENTRADA
Potencial del radón
A Fisuras en losas de piso
B Huecos pequeños en paredes exteriores
C Poros o fisuras en paredes de sótanos
D Fisuras en juntas piso-pared
E Suelo expuesto
F Por los drenajes fisurados
G Por pases de cañerías
H Por las cámaras de los bloques huecos
I Materiales de construcción
J Por el agua de pozo
J
I
I
A
H
B
G
C
D
E
F
A
D

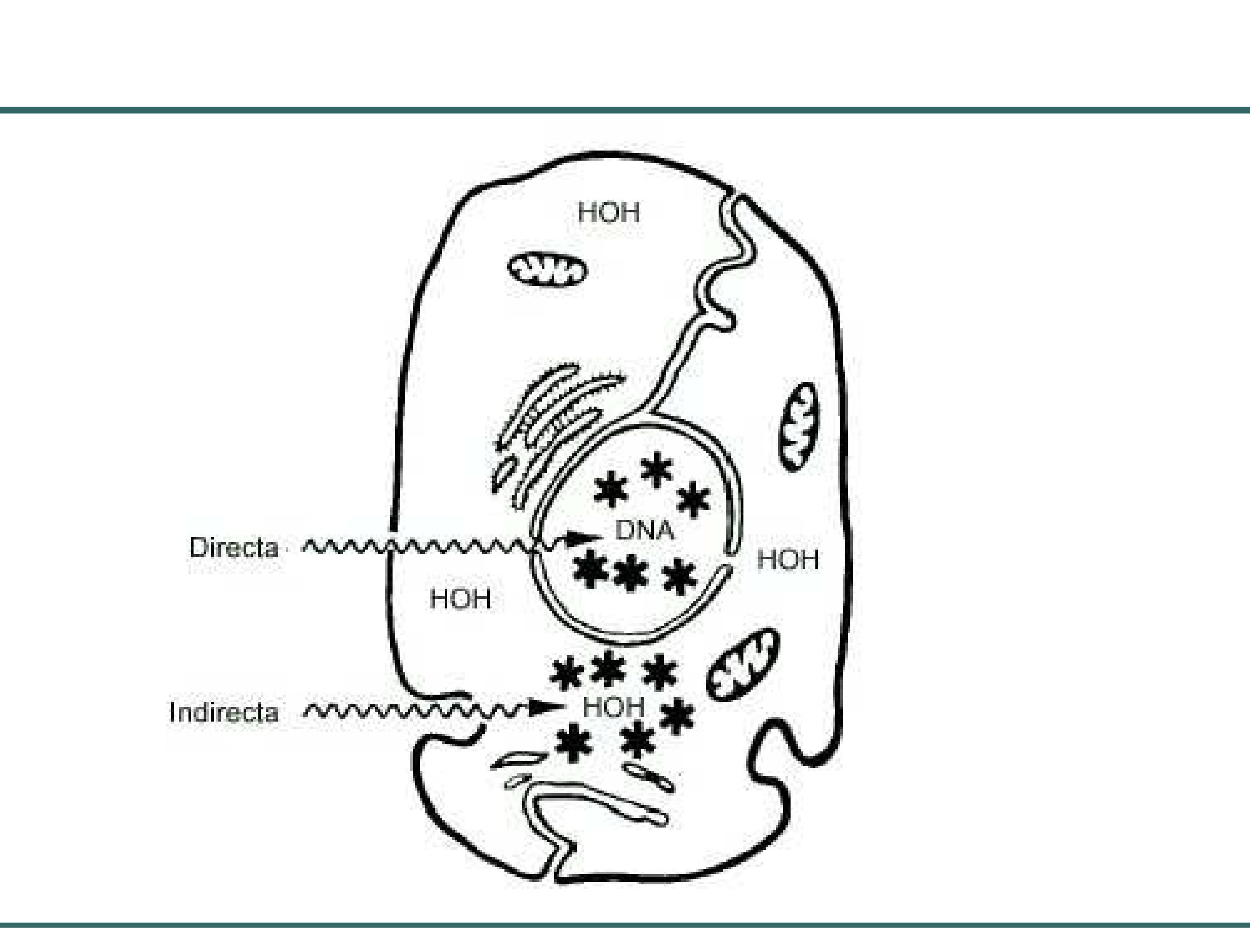
Identificación del peligro

- La exposición principal es por inhalación de progenie de radón y su deposición en el árbol bronquial
- Correlación entre exposición y número de casos de cáncer en exceso no atribuibles a otros factores
- Rn fuente natural que más contribuye a la dosis efectiva recibida


Exposición promedio del hombre a fuentes naturales y artificiales
Artificial 13%
Rayos cósmicos 10%
Radón 47%
Gamma terrestre 14%
Alimentos 12%
Torón 4%
Radiactividad natural 87%, artificial 13%

Evaluación dosis-respuesta

- Estudios epidemiológicos en mineros
- Estudios de laboratorio en animales
- 1989 - Resultados concluyentes de efecto cancerígeno
- Irradiación de partículas α iniciaría carcinogénesis


HOH
Directa
DNA
HOH
HOH
Indirecta
HOH

Estimación de exposición

- Arnaud et al. 2002. Autoridad Regulatoria Nuclear Argentina
- 2316 Viviendas de ciudades de Argentina elegidas según geología
- Detectores de valor integrado de [Rn222] durante tres meses

Estimación de exposición

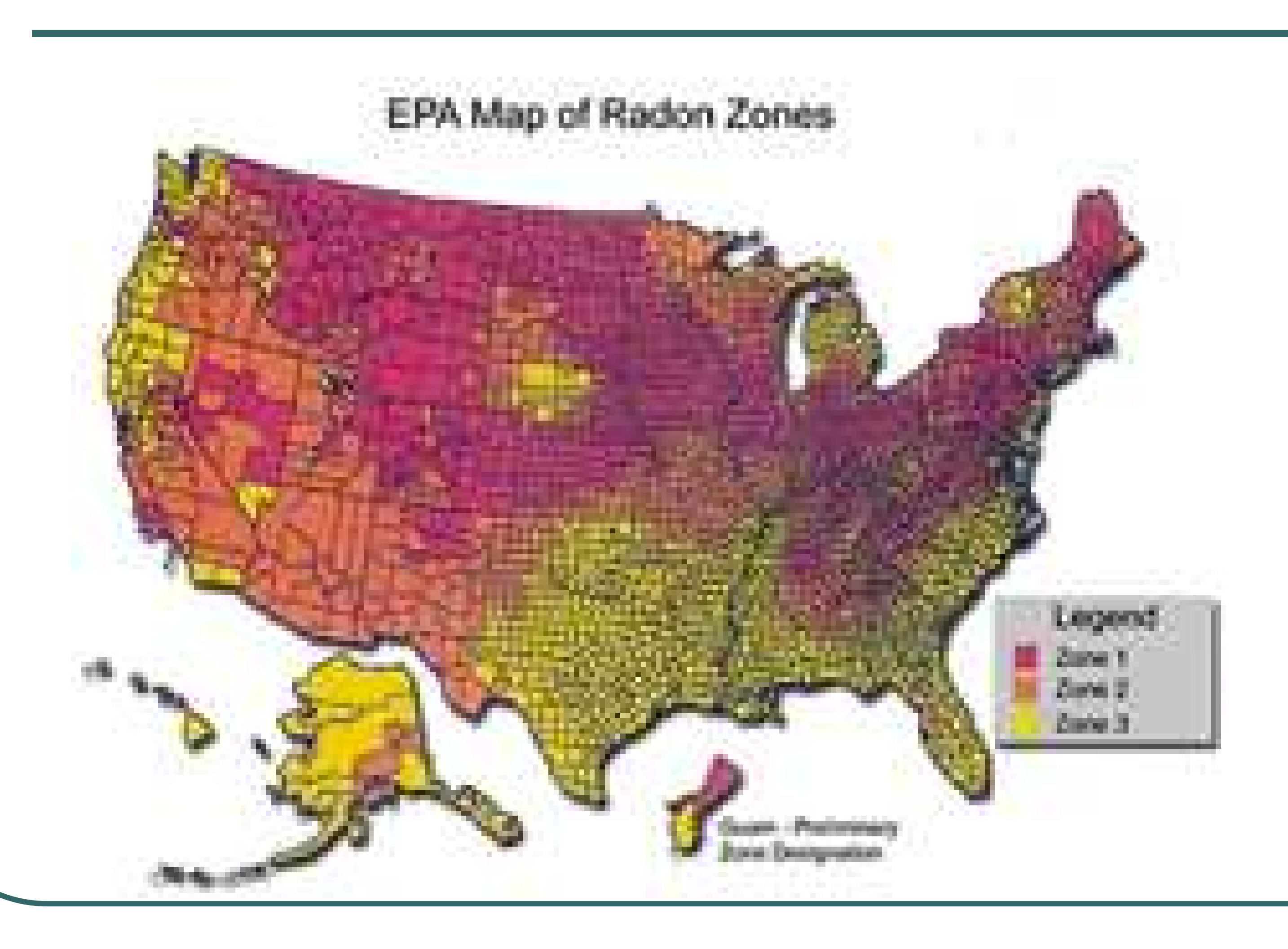
- El promedio para las ciudades varía entre 25,7 Bq/m^3 y 49,6 Bq/m^3
- El promedio para el país fue 36,3 Bq/m^3
- 71% de las viviendas se encuentran en el rango más bajo de 0 a 40 Bq/m^3
- Muy pocos valores por arriba de 200 Bq/m^3 (nivel de acción UE)

Conclusiones

- Norma Básica de Seguridad Radiológica
- *Si la [Rn222] promedio anual excede 400 Bq/m3 se deben adoptar soluciones de ingeniería para ventilar y disminuir la emanación del gas*
- Se concluye que el nivel de [Rn222] es

aceptable

Radón en viviendas de USA



10 casas de un pequeño pueblo (1)

Casa	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Nivel	4,04	4,60	5,73	5,39	2,37	5,39	4,60	5,05	4,38	5,05	4,04

4,04
4,60
5,73
5,39
2,73
5,39
4,60
5,05
4,38
5,05
4,04
4,64

Cuadro1: Niveles de radón en los hogares, en pCi/l



Media

Medidas de tendencia central y análisis exploratorio de datos.

- Media
  - Muestra : X
  - Población: μ
- Ejemplo: Nivel de Radón
  - Es una variable
  - Puede tomar distintos valores en distintas casas.

Mediana

Es el valor intermedio cuando los valores se ordenan en forma ascendente.

referida por su resiliencia a los outliers si representan “malos datos”.

Pero…

(si fuesen correctos…)

Adición de una casa con 40 pCi/l

Calcular y comparar la media y la mediana con este dato adicional

4,04	4,04	2,73	2,73
4,60	4,60	4,04	4,04
5,73	5,73	4,04	4,04
5,39	5,39	4,38	4,38
2,73	2,73	4,60	4,60
5,39	5,39	4,60	4,60
4,60	4,60	5,05	5,05
5,05	5,05	5,05	5,05
4,38	4,38	5,39	5,39
5,05	5,05	5,39	5,39
4,04	4,04	5,73	5,73
4,64	40,00		40,00
	7,58		

Mediana

Media

Otra muestra (2)

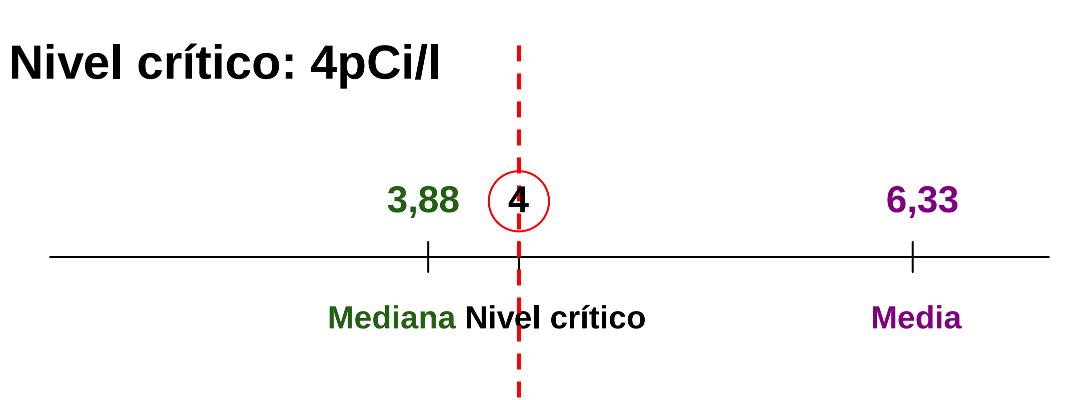


Casa	Nivel	↓
1	3,83	2,99
2	3,54	3,13
3	3,46	3,46
4	3,90	3,54
5	12,06	3,83
6	8,97	3,88
7	9,24	3,90
8	14,67	8,97
9	3,13	9,24
10	3,88	12,06
11	2,99	14,67

Media: 6,33

Mediana: 3,88

Nivel crítico: 4pCi/l



Realizar el HISTOGRAMA

Distribución de frecuencias o histograma

- Métodos gráficos
- Junto con estadísticos sumarios pueden revelar importantes características de un conjunto de datos
- EPA (1999) – estimación de número de clases
- $1 + 3{,}322 \log_{10} n$
- n = tamaño de muestra

Resumen de 5 números

Valor mínimo a

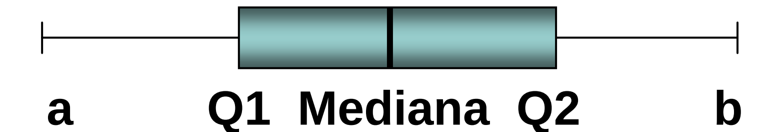
Primer cuartil Q1

Mediana Q2

Tercer cuartil Q3

Valor máximo b

Diagrama de Caja



Proporcionan información acerca de:

•Centro

•Dispersión

•Sesgo

Intervalos de confianza y Pruebas de hipótesis.

Se utiliza la desviación estándar de la muestra, *s*, para estimar σ (desconocido) y la estimación del intervalo se basa en la distribución t

•Depende de un parámetro conocido como grados de libertad (GL)

•A > GL ➔ se acerca más a la distribución normal

•A < GL➔ distribución más achatada que la normal, con colas gruesas

•Valor t: da el área α/2 en el extremo derecho de la distribución t,

•con n-1 grados de libertad

Ejemplo

Conjunto de datos de 43 hogares. Con:

- **Media: 3,85 pCi/l**
- **Mediana: 3,83 pCi/l**
- **Desviación estándar: 1,40 pCi/l**

GL: 42 (n-1)

Valor t $_{(42,\alpha/2)}$ = 1,684

El intervalo de confianza IC 90% es:

$$IC_{90} = 3,85 \pm 1,68 \times 1,4/\sqrt{43} = [3,49\ pCi/l,\ 4,21\ pCi/l]$$

$$IC_{99} = 3,85 \pm 2,7 \times 1,4/\sqrt{43} = [3,27\ pCi/l,\ 4,43\ pCi/l]$$

Inferencia

- El interés está en la población
- Muestras = dispositivos para reunir información
- Los valores puntuales obtenidos son estimaciones del valor verdadero, desconocido, de la concentración de radón en la población

Prueba de hipótesis

- Proceso de inferencia estadística.
- Hipótesis: Teoría o suposición para explicar ciertos hechos y guiar la investigación.
- Regla de decisión:
  - Ambas hipótesis son excluyentes
  - La hipótesis nula incluye al signo =.

Tipos de pruebas de hipótesis.

Bilateral (2 colas)	$H_0: \mu = \mu_0$ $H_1: \mu \neq \mu_0$
Unilateral derecha	$H_0: \mu \leq \mu_0$ $H_1: \mu > \mu_0$
Unilateral izquierda	$H_0: \mu \geq \mu_0$ $H_1: \mu < \mu_0$

Esquema para realizar pruebas de hipótesis

1. Establecer las hipótesis nula y alternativa.

2. Elección del nivel de significancia.

3. Definir el estadístico a calcular y su distribución. Verificación de los supuestos.

4. Definir el valor crítico y la región de rechazo.

5. Calcular el estadístico con los datos muestrales.

6. Tomar una decisión y establecer claramente la conclusión referida a la problemática en cuestión.

Errores tipo I y tipo II

	Rechazada	Aceptada
Hipótesis verdadera	**Error tipo I**	
Hipótesis falsa		**Error tipo II**

Compromiso entre ambos errores:

Si elegimos tener más certeza de no rechazar hipótesis verdaderas, aumenta la probabilidad de aceptar aquellas que son falsas.

PRUEBA DE HIPÓTESIS SOBRE μ CUANDO SE DESCONOCE σ^2

1. Se definen las hipótesis H_0 y H_1 (unilaterales o bilaterales)

a) H_o: $\mu = \mu_o$ H_1: $\mu \neq \mu_o$ (bilateral)

b) H_o: $\mu <= \mu_o$ H_1: $\mu > \mu_o$ (unilateral derecha)

c) H_o: $\mu >= \mu_o$ H_1: $\mu < \mu_o$ (unilateral izquierda)

2. Se define el nivel de significación α

3. Explicitación de los supuestos y elección del estadístico cuya distribución muestral es conocida:

- Muestra aleatoria - Población normal - σ^2 desconocida

$$t = \frac{\sqrt{n} * (\bar{X} - \mu_0)}{S} \sim t_{(n-1)}$$

4. Se determina la Región Crítica (RC)

a) RC = {t: $|t| > t_{1-\alpha/2}$} donde $t_{1-\alpha/2}$ es el cuantil $1-\alpha/2$ de la $t_{(n - 1)}$

b) RC = {t: $t > t_{1-\alpha}$} donde $t_{1-\alpha}$ es el cuantil $1-\alpha$ de la $t_{(n - 1)}$

c) RC = {t: $t < t_{\alpha}$ } donde t_{α} es el cuantil α de la $t_{(n - 1)}$

5. Se calcula el estadístico t.

6. Se verifica si t cae en la RC o fuera de ella (o se compara el valor-P con el nivel de significación) y se concluye acorde.

La media verdadera es igual al nivel crítico?

- **Ho: $\mu = 4$; Ha: $\mu \neq 4$**
- **Valor t $_{(42,\alpha/2)}$ = 1,684**
- **Región crítica** = {t: |t| > 1,684} rechace Ho
- Estadístico de la prueba, t = 0,70 < 1,684
- No se rechaza Ho
- Con la evidencia disponible no podemos rechazar la hipótesis que la media poblacional es 4 pci/lt

La media verdadera es inferior a 6 pci/l?

- **Ho: μ >= 6 ; Ha: μ < 6**
- **Valor t $_{(42,\alpha)}$ = 1,303**
- **Región crítica** = {t: t < 1,303} rechace Ho
- Estadístico de la prueba, t = -10,07 < 1,303
- Se rechaza Ho. Se hará la inferencia que Ha es verdadera
- Con un 90% de confianza el verdadero nivel está por debajo de 6 pci/lt
- Prueba de la validez de una afirmación